

## VÝZNAM MAGNETICKÉ SUSCEPTIBILITY PRO GEOLOGICKÉ MAPOVÁNÍ HORNIN TĚŠÍNITOVÉ ASOCIACE NA LISTU 1:25 000 STARÝ JIČÍN (25-124)

The consequence magnetic susceptibility for geological mapping of the teschenite association on the map sheet 1:25 000 Starý Jičín (25-124)

David Buriánek<sup>1</sup>, Zuzana Skácelová<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Česká geologická služba, Leitnerova 22, 658 59, Brno; e-mail: [burianek@cgu.cz](mailto:burianek@cgu.cz)

<sup>2</sup> Česká geologická služba, Erbenova 348, 790 01, Jeseník; e-mail: [zskac@cgu.cz](mailto:zskac@cgu.cz)

(25-124 Starý Jičín)

**Key words:** petrology, teschenite association, magnetic susceptibility, hydrothermal alteration

### Abstract

New results of geophysical investigations of the Early Cretaceous rocks teschenite association in the area around town Starý Jičín (western part of the Carpathians) provide evidence for subdivision these rocks on two groups. The teschenites contains primary magnetite (high magnetic susceptibility,  $3\text{--}82 \times 10^{-3}$  SI), although were strongly affected by hydrothermal fluids. On the other hand, altered picrite to basalt (picrite, monchiquite, fourchite and basalt) are characterised by low magnetic susceptibility ( $0.06\text{--}16 \times 10^{-3}$  SI) and ferromagnesian minerals are very rare. These two rock groups are subdivided according to proportion between main rocks forming minerals (mafic and felsic minerals). The magnetic susceptibility reflected variation in chemical composition  $[\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})]$  and different kind of alteration between teschenite and magnesium rich rocks (picrite to basalt). In the magnesium rich rocks transformation primary magmatic assemblage to the secondary minerals (chlorite, limonite), lead to distinct decline magnetic susceptibility.

### Úvod

Během prací na mapovacím úkolu ČGS (6207 Maleník-Poodří) bylo prováděno měření magnetické susceptibility na petrograficky odlišných subtypech hornin těšínitové asociace. V oblasti kolem Starého Jičína je můžeme rozdělit na horniny s vysokou a nízkou magnetickou susceptibilitou. Těšínity mají hodnoty magnetické susceptibility téměř vždy mnohem vyšší než pikrity až bazalty (pikrity, monchiquity, fourchity a bazalty). Toto zjištění je v rozporu s původními předpoklady a daty měření jinými autory. Například Čípová (2006) uvádí pro těšínity hodnoty  $10\text{--}57 \times 10^{-3}$  SI a pro pikrity  $0,4\text{--}52 \times 10^{-3}$  SI. Důvody tohoto rozdílu musíme hledat v mineralogii obou skupin a proto byly petrograficky prostudovány hlavní horninové typy.

### Metodika

Analýzy minerálů byly provedeny na elektronové mikroskopě Cameca Camebax SX-100, (Laboratoř elektronové mikroskopie a mikroanalýzy, Společné pracoviště Ústavu geologických věd PŘF MU a České geologické služby). Měření probíhalo ve vlnové disperzním módu za podmínek: urychlovací napětí 15 kV, průměr elektronového svazku 5  $\mu\text{m}$ , proudu svazku 20 nA, načítací čas 10–20 sekund, operátor R. Čopjaková. Jako standardu bylo užito (Ka X-ray linie): Si, Al – sanidin, Mg – olivín, Fe – almandin, Ca – andradit, Mn – rhodonit, Ti – Ti-hornblend, Cr – chromit, Na – albit, K – ortoklas, P – apatit, F – topaz, Cl – vanadinit, Zn – gahnit, V – vanadinit, Cu – Cu, Y – YAG. Obsahy prvků byly přepočteny PAP korekcí (Pouchou a Pichoir 1985).

Použité zkratky minerálů jsou podle Kretze (1983). Při vyhodnocení bylo pro amfiboly užito platné klasifikace Leake et al. (1997) a trojmocné železo bylo počítáno metodou 13eCNK (Schumacher 1997). Krystalochemické vzorce pyroxenu jsou přepočteny na 6 kyslíků ( $\text{Fe}^{3+}$  bylo dopočteno podle Droopa 1987).

Na jednotlivých dokumentačních bodech byla pomocí kapametru KT 5 měřena magnetická susceptibilita. Tato hodnota ukazuje, do jaké míry jsou horniny schopny stát se v magnetickém poli magnetickými. Závisí především na obsahu feromagnetických minerálů (magnetit, hematit) v hornině.

### Geologická pozice

Těšínitová asociace představuje poměrně širokou skupinu hornin s proměnlivým zastoupením světlých a tmavých minerálů. Hovorka a Spišiak (1988) rozdělili tyto horniny na čtyři skupiny: (1) pikrity (Ol + Cpx + Pl  $\pm$  Anl  $\pm$  Bt  $\pm$  Amp), (2) bazalty (Ol + Cpx + Pl  $\pm$  Anl  $\pm$  Bt  $\pm$  Amp) (3) těšínity (Amp + Cpx + Pl + Anl  $\pm$  Ne  $\pm$  Kfs  $\pm$  Ol  $\pm$  Bt), (4) monchiquity (Amp + Cpx  $\pm$  Anl  $\pm$  Ol  $\pm$  Bt  $\pm$  Pl).

Horniny těšínitové formace se na mapovém listu Starý Jičín (25-124) vyskytují hlavně v oblasti hřbetu, který se táhne ve směru SV-JZ od Petřkovické hory až k Čertovu vrchu (Jasenicko-bludovický hřbet). Tvoří drobná tělesa a žíly ve svrchní části těšínsko-hradištského souvrství slezské jednotky (Menčík et al. 1983). Stáří těchto hornin je spodní až střední křída (berias-apt). Těšínity byly datovány na polské straně Karpat metodou  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , pomocí níž

bylo zjištěno stáří  $122,3 \pm 1,6$  Ma (Lucińska-Anczkiewicz et al. 2002). Vulkanity jsou uloženy v souvrství tvořeném převážně tmavohnědými vápnatými jílovcí a pískovci. Studované petrografické vzorky pochází z lomu na úpatí Petřkovické hory (DH 5), z výchozů a lomu při silnici mezi obcemi Kojetín a Stráník (DH 3, 4, 6) a z drobných výchozů na úpatí Čertova vrchu (DH 7). V diagramech znázorňujících chemické složení pyroxenu a amfibolu byla také použita data z diplomové práce Čípové (2006). Pro tyto horniny je charakteristická výrazná proměnlivost obsahů hlavních horninotvorných minerálů nejen v jednotlivých tělesech, ale i v rámci jednoho výchozu. Vulkanity na tomto listě můžeme rozčlenit do dvou skupin: (1) těšinity, (2) pikrity až bazalty.

Převážná část výchozů na studovaném území je tvořena pikrity až bazalty. Těšinity vystupují hlavně v okolí Čertova vrchu, kde tvoří větší těleso a byly také popsány jako ložní žíly prorážející monchiquity a pikrity (Šmíd 1978). Pikrity až bazalty vytváří drobné výlevy, nebo akumulace pyroklastik uložené konkordantně s okolními sedimenty a časté jsou i žíly. Výlevná tělesa mají někdy vyvinuté struktury polštářových láv (výchoz pod kapličkou v obci Stráník) a poměrně často přecházejí do mandlovců. Mandle jsou maximálně několik mm velké a tvořené většinou kalcitem, vzácně je přítomen prehnit, křemen a chalcedon. Tufy mají zrnitost v rozmezí lapil až sopečného popela a obsahují litické a vitrické úlomky. Často mají charakter výrazně alterovaných hyaloklastitů. Šmíd (1978) takové horniny popisuje západně od silnice Stráník-Kojetín. Slinité sedimenty na kontaktu s vulkanity většinou nenesou známky výrazného metamorfního ovlivnění. V literatuře jsou však popsány kontaktní aureoly (facie pyroxenických rohovců) a kontaktně metamorfované xenolity (Šmíd 1978). Poblíž kontaktu mohou být vyvinuty poměrně mocné hydrotermální žíly nebo žilníky (na lokalitě Petřkovická hora jsou to až několik metrů mocné žilníky s hydrotermálními žilami 1–10 cm o složení kalcit + křemen ± chalcedon).

### Petrografický popis

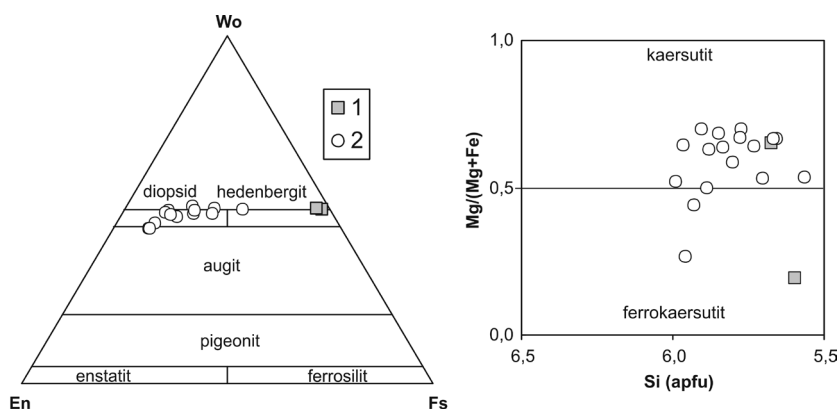
Bazalty, monchiquity a pikrity tvoří řadu přechodných horninových subtypů, které se vyznačují velkou proměnlivostí obsahů pyroxenů, olivínů, a živců. Jde o tmavé, jemnozrnné horniny, někdy s orbikulární stavbou. Na výchozech naprosto převažují masivní šedé až tmavě šedé horniny, které jsou drobnozrnné až jemnozrnné a většinou porfyrické. Vyroستlice tvoří tmavé minerály (amfibol, pyroxen a vzácně biotit). Základní hmota je většinou mikrokrytalická až hemikrytalická, přičemž sklo bylo ve studovaných vzorcích vždy zcela devitrifikováno. Studované horniny můžeme označit z petrografického hlediska za monchiquity až limburgity. Avšak řada vzorků na mapovém listě byla již dříve popsána jako pikrity a fourchity (Čípová 2006, Šmíd 1978). Pyroxen tvoří krátce sloupcovité krystaly (1–2 mm) bez výrazného pleochroismu. Chemickým složením (obr. 1) odpovídá diopsidu ( $Mg/(Mg+Fe) = 0,87–0,57$ ). Někdy má vyvinutou magmatickou oscilační zonálnost. Často mohou jeho zrna v centrální části obsahovat inkluze tvořené směsí chloritů a karbonátů (původně patrně sklo).

Automorfní sloupečky amfibolu jsou až 1 mm dlouhé. Ale většinou jsou menší než okolní pyroxeny a někdy na ně narůstají. Chemickým složením odpovídají podle dnes používané klasifikace (Leake et al. 1997) kaersutitu a ferokaersutitu ( $Si = 5,6–6,0$ ;  $Mg/(Mg+Fe) = 0,15–0,70$ ,  $Ti = 0,45–0,73$  apfu). Někdy obrůstají krystalky pyroxenů. Živce většinou vyplňují prostor mezi tmavými minerály. Jsou přítomny nejen plagioklasy ( $An_{10–27}$ ) ale i alkalické živce. Často jsou přítomny pseudomorfózy po vyrostlících olivínů zcela vyplněné směsí minerálů serpentínové skupiny a karbonáty. Tmavé minerály jako amfibol, pyroxen nebo olivín někdy tvoří shluky vyrostlic a někdy má hornina až glomeroporfyrickou stavbu. Jako akcesorické minerály se vyskytují apatity a chromity. V základní hmotě bývá kromě lištových živců přítomen chlorit, minerály serpentínové skupiny a jílové minerály. Vzácně se vyskytují drobná zrna pyritu, chalkopyritu a barytu, která jsou patrně sekundární. Některé vzorky obsahují vyšší množství živců, vyrostlice biotitu a mohou být klasifikovány jako amfibolicko biotitické fourchity. Automorfní vyrostlice amfibolu a pyroxenu jsou oproti předchozím vzorkům méně hojné. Zato se objevují až 2 mm dlouhé lišty biotitu. Biotity ( $Al^{IV} = 2,6–2,7$  apfu) vykazují poměrně výraznou chemickou zonálnost. Okraje mají složení annitu ( $Mg/(Mg+Fe) = 0,41$ ,  $Ti = 0,93$  apfu) středy odpovídají flogopitu ( $Mg/(Mg+Fe) = 0,71–0,74$ ,  $Ti = 0,83–0,85$  apfu). Chemické složení amfibolů ( $Si = 5,8–6,0$ ;  $Mg/(Mg+Fe) = 0,52–0,70$ ,  $Ti = 0,6–0,7$  apfu) je podobné jako v monchiquitech. Základní hmota je tvořena lištami alkalických živců ( $Ab_{48–86}$   $Or_{12–48}$   $An_{2–6}$ ). Prostory mezi nimi jsou vyplněny směsí jílových minerálů a zeolitů (původně se patrně jednalo o sklo). Někdy jsou přítomny větší poikilitické vyrostlice analcimu, které uzavírají tmavé minerály. Zrna jsou automorfní až hypautomorfní a jsou často zakalena drobnými tmavými inkluzemi. Některé vyrostlice jsou přeměněny na směs jílových minerálů. Dále se vyskytují drobné pseudomorfózy vyplněné chlority a lemované hydroxidy a oxidy Fe. Patrně se původně jednalo o olivíny. Velmi hojným akcesorickým minerálem je apatit.

V lomu vpravo od silnice Kojetín-Stráník vystupují horniny, které můžeme označit jako olivinické bazalty. Tyto středně zrnité horniny s ofitickou stavbou obsahují lištovité plagioklasy, které jsou místy slabě zakalené jílovými minerály. Méně časté jsou dlouze jehlicovité amfiboly místy částečně chloritizované. Prostor mezi nimi vyplňuje směs karbonátů, chloritů a minerálů serpentínové skupiny. V základní hmotě se objevují drobné pseudomorfózy tvořené chlority, minerály serpentínové skupiny, oxidy a hydroxidy železa.

Poměrně často se setkáváme s intenzivními sekundárními přeměnami monchiquitů, fourchitů a bazaltů. Typická je výrazná chloritizace amfibolů a pyroxenů, karbonatizace postihující původní sklo a někdy také minerály v základní hmotě (tmavé i světlé). Karbonáty většinou odpovídají kalcitu, vzácně se však objevují i ankerity. Někdy se v horninách vyskytují drobné mandle vyplněné kalcitem. Poněkud méně častá je silicifikace.

Těšinity jsou středně místy až hrubě zrnité, mezo-krátní vzácně až melanokrátní horniny. Často bývají na



Obr. 1: Klasifikační diagram pro amfiboly (Leake et al. 1997) a pyroxeny (Morimoto et al. 1988) v horninách těšínské asociace z oblasti kolem Starého Jičína: 1) těšínské, 2) monchiquity, pikrity a fourchity.

Fig. 1: Classification diagrams of the amphiboles (Leake et al. 1997) and pyroxenes (Morimoto et al. 1988) in the rocks of the teschenite association from the Starý Jičín area: 1) teschenite, 2) monchiquite, picrite and fourchite.

výchozech zvětralé a rozpadají se na písčité eluvium. Někdy se na navětralém povrchu těšínské objevují limonitové povlaky. Z tmavých minerálů jsou přítomny amfiboly a pyroxeny, které často vytváří agregáty tvořené z několika zrn. Amfiboly svým chemickým složením odpovídají kaersutitu a ferrokaersutitu ( $Si = 5,7-6,0$ ;  $Mg/(Mg+Fe) = 0,19-0,65$ ,  $Ti = 0,6-0,7$  apfu). Jde většinou o až 1 cm dlouhé sloupcovité až jehlicovité pleochroické krystaly. Vzácně bývají amfiboly postiženy na okrajích zrn chloritizací. Pyroxeny tvoří krátké sloupcovité krystaly bez pleochroismu o velikosti až 5 mm. Chemickým složením odpovídá hedenbergitu ( $Mg/(Mg+Fe) = 0,05$ ). Místy se vyskytují až 2 mm dlouhé lupínky biotitu. Velmi často biotit lemuje a částečně zatlačuje krystalky pyroxenu nebo biotitu. Některé krystalky amfibolů a pyroxenů bývají podél okrajů zatlačovány aktinolitickým amfibolem a chlority. Prostor mezi amfiboly a pyroxeny vyplňují světlé minerály a to hlavně živce a často analcim. Plagioklasy odpovídají svým složením labradoritu ( $An_{56-57}$ ), někdy je částečně nahrazován albitem. Plagioklasy jsou lokálně postiženy sekundárními přeměnami na jílové minerály, které místy provází minerály zoisit-epidotové skupiny a prehnit. Na okrajích mohou být plagioklasy zatlačovány analcimy případně karbonáty. Pokud je přítomen draselný živce, tvoří xenomorfní až hypautomorfní krystaly. Jako poměrně hojná akcesorie se vyskytuje apatit a opakní minerály (ilmenit, magnetit) a vzácně se může objevit také titanit. Magnetit je často uzavírán v okrajových částech zrn amfibolu. Apatit tvoří dlouhé sloupce, které jsou většinou uzavřeny v živcích nebo amfibolu. Někdy jsou uvnitř apatitu zarostlé inkluze biotitu (Čípová 2006).

### Magnetická susceptibilita

Bylo provedeno 62 měření magnetické susceptibilita na dvaceti lokalitách. Hrubozrnné až středně zrnité horniny makroskopicky popsané jako těšínské vykazují relativně vysokou magnetickou susceptibilitu v rozmezí  $3-82 \times 10^{-3} SI$  s mediánem hodnot  $10 \times 10^{-3} SI$  a tmavé horniny poskytly hodnoty v rozmezí  $0,06-16 \times 10^{-3} SI$  s mediánem hod-

not  $0,7 \times 10^{-3} SI$  (obr. 2). Naměřené hodnoty byly velmi nízké zejména u intenzivně alterovaných pikritů a monchiquitů. Naopak nejvyšší naměřené hodnoty pocházejí z výchozu polštářových láv na lokalitě Straník.

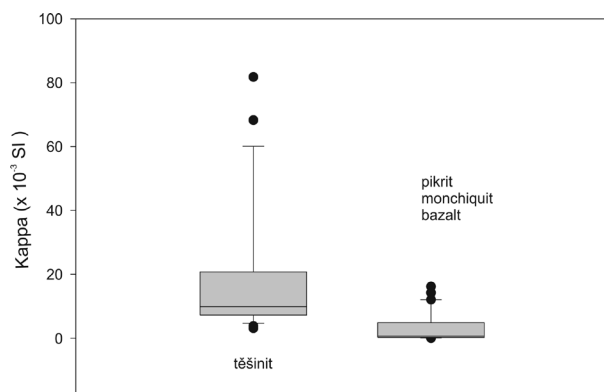
### Diskuze

Naměřené hodnoty magnetické susceptibilita neodpovídají původním předpokladům, protože magnetit byl popsán z obou horninových typů (Čípová 2006; Trundová 2004). Magnetit je považován za hlavní magmatický feromagnetický minerál těchto hornin. Pikrity až bazalty navíc obsahují olivín, jehož serpentizací běžně vzniká sekundární magnetit. Amfiboly a pyroxeny, které mohou hodnoty

magnetické susceptibilita také zvyšovat, jsou zastoupeny v obou horninách, avšak v pikritech až bazaltech je jejich hmotnostně více než v těšínských. Proto by v mnoha případech měla být magnetická susceptibilita pikritů až bazaltů vyšší než těšínských. Ve skutečnosti je však tomu naopak.

Tyto dvě skupiny studovaných hornin se neliší jen v obsazích feromagnetických minerálů, ale rozdíly jsou též v chemickém složení. V prozatím provedených analýzách vykazují monchiquity a pikrity poměry  $MgO/(MgO+Fe_2O_3)$  v rozmezí 0,4–0,7; bazalty až fourchity 0,2–0,5 a těšínské 0,2–0,4. Tyto rozdíly v chemickém složení hornin se projeví i v chemickém složení tmavých minerálů (obr. 1) a patrně také v obsazích feromagnetických minerálů. Pyroxeny z těšínské odpovídají téměř čistému hedenbergitu, naproti tomu pikrity, monchiquity a fourchity obsahují převážně diopsidy. Pyroxeny vykazují poměrně výraznou zonálnost, avšak okrajové části bývají většinou Fe bohatší než centra zrn. Vzácně můžeme pozorovat i u amfibolů z těšínské a některých pikritů a monchiquitů (obr. 1). Střední zrna v těšínských mají podobné chemické složení jako kaersutity z monchiquitů a kraj odpovídá ferrokaersutitu. Můžeme tedy říci, že magma z něhož vznikaly studované těšínské bylo železem bohatší oproti magmatu, z něhož krystalovaly pikrity až bazalty. Navíc se poměr  $Fe/(Fe+Mg)$  během krystalizace obou horninových skupin posouval ve prospěch Fe. Oxidické minerály železa vznikaly v obou horninových skupinách. V těšínských však většinou krystalovaly dříve než v pikritech až bazaltech a proto jsou mnohdy magnetity uzavřeny v tmavých minerálech.

Čerstvé nealterované pikrity a monchiquity mohou mít relativně vysokou magnetickou susceptibilitu. Důkazem jsou údaje naměřené u polštářových láv na lokalitě Straník, nebo starší publikovaná měření (Čípová 2006). Ve studovaných vzorcích pikritů až bazaltů však magnetit nalezen nebyl a hematit se objevil jen vzácně a jako drobná zrna. Drobná zrna samozřejmě snadněji podléhají sekundární přeměně. Původní vyrostlice olivínu bývají z velké části nahrazeny karbonátem. Železo uvolněné



Obr. 2: Rozsahy naměřené magnetické susceptibilitu pro těšinitu a pikritu až bazaltu pro oblast kolem Starého Jičína.

Fig. 2: Ranges of magnetic susceptibility for the teschenite and picrite to basalt from the Starý Jičín area.

rozpadem těchto tmavých minerálů je z velké části vázáno do karbonátů, chloritů a minerálů serpentínové skupiny. Někdy se objevují limonitové lemy a povlaky na okrajích či puklinách pseudomorfů po olivínech, ale vznik magnetitu pozorován nebyl.

Pokles magnetické susceptibilitu samozřejmě souvisí i se stupněm zvětrání horniny. Zvětralé části výchozů vykazují oproti méně zvětralým nižší magnetickou susceptibilitu. Avšak zvětrávání není tím hlavním činitelem. Většina pikritů až bazaltů nese známky starších hydrotermálních procesů. Projevy alterace jsou patrné i ve vzorcích, které vypadají na první pohled nezvětrale. Tyto alterace probíhaly již během výlevů pikritů až bazaltů na mořské dno a možná i během diagenézy okolních sedimentů. Produktem těchto procesů byly většinou minerály s nízkou magnetickou susceptibilitou a magnetit patrně vznikl jen vzácně. Také těšinity byly po svém vzniku výrazně postiženy sekundárními přeměnami, které se projevíly

například vznikem analcimu nebo zeolitů. Avšak zde tvořil magnetit větší zrna a často byl uzavřen uvnitř amfibolů a pyroxenů. Oba zmíněné minerály nebyly tak výrazně postiženy alteracemi jako olivíny. Z lokality Čertův mlýn u Nového Jičína například Čípová (2006) popisuje kostrovitý krystal magnetitu uzavřený v amfibolu. V některých vzorcích jsou zrna magnetitu (až 1 mm velká) poměrně hojná a mohou tvořit i několik mod. procent horniny.

### Závěry

Na základě magnetické susceptibilitu můžeme ve studovaném území poměrně dobře vyčlenit dvě skupiny: (1) těšinity a (2) pikrity až bazalty. Rozdíly magnetických vlastností obou hornin závisí především na obsazích magnetitu a hematitu. Magnetit v těšinitách vznikl již během magmatické krystalizace a byl i přes intenzivní působení hydrotermálních fluid zachován (zejména jako inkluze uvnitř amfibolů). V pikritech až bazaltech se většina železa zabudovala do tmavých minerálů. Během alterace se primární minerální asociace částečně změnila na sekundární silikáty (např. chlority) a limonit. Nižší obsahy feromagnetických minerálů v pikritech až bazaltech oproti těšinitám jsou výsledkem rozdílného chemického složení primárních hornin a odlišného chování jejich minerálních asociací během postmagmatického vývoje (hydrotermální alterace). Magnetická susceptibilita představuje poměrně jednoduchou a účinnou metodu pro odlišení stupně alterace ultramafických až mafických členů těšinitové asociace a může výrazně přispět k přesnému vymapování jednotlivých horninových typů vulkanitů ve studované oblasti.

### Poděkování

Práce byla vypracována v rámci úkolu 6207 Maleník-Poodří (Základní geologické mapování vybraných oblastí České republiky v měřítku 1:25 000) financovaného odborem geologie MŽP ČR.

### Literatura

- Čípová, I. (2006): Využívání hornin těšinitové asociace v pravěku. – MS, diplomová práce, PŘF MU, Brno.
- Droop, G. T. R. (1987): A general equation for estimating  $\text{Fe}^{3+}$  in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analysis, using stoichiometric criteria. – *Mineral. Mag.*, 51, 431–437.
- Hovorka, D. – Spišiak, J. (1988): Mezozoický vulkanismus Západních Karpát. – Veda, 263 str. Bratislava.
- Kretz, R. (1983): Symbols for rock-forming minerals. – *Amer. Mineral.*, 68, 277–279.
- Leake, B. E. – Woolley, A. R. – Arps, C. E. S. – Birch, W. D. – Gilbert, M. C. – Grice, J. D. – Hawthorne, F. C. – Kato, A. – Kisch, H. J. – Krivovichev, V. G. – Linthout, K. – Laird, J. – Mandarino, J. – Maresch, W. V. – Nickel, E. H. – Rock, N. M. S. – Schumacher, J. C., Smith, D. C. – Stephenson, N. C. N. – Ungaretti, L. – Whittaker, E. J. W. – Youzhi, G. (1997): Nomenclature of amphiboles. Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names. – *Eur. J. Mineral.*, 9, 623–651.
- Lucińska-Anazkiewicz, A. – Villa, I. M. – Anazkiewicz, R. – Ślaczka, A. (2002):  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  dating of alkaline lamprophyres from the Polish Western Carpathians. – *Geol. Carpath.*, 53, 45–52.
- Menčík, E. – Adamová, M. – Dvořák, J. – Dudek, A. – Jetel, J. – Jurková, A. – Hanzlíková, E. et al. (1983): Geologie Moravskoslezských Beskyd a Podbeskydské pahorkatiny. – Ústř. Úst. geol. 304 str. Praha.
- Morimoto, N. – Fabries, J. – Ferguson, A. K. – Ginzburg, I. V. – Ross, M. – Seifert, F. A. – Zussman, J. – Aoki, K. (1988): Nomenclature of pyroxenes. – *Mineral. Mag.* 52, 535 – 550.
- Pouchou, J. L. – Pichoir, F. (1985): „PAP“ procedure for improved quantitative microanalysis. – *Microbeam Analysis*, 20, 104–105.
- Schumacher, J. C. (1997): Appendix 2: the estimate of ferric iron in electron microprobe analysis of amphiboles. – *Can. Mineral.*, 35, 238–246.
- Šmíd, B. (1978): Výzkum vyvěřelých hornin těšinitové asociace. – MS, zprávy Sb. 835, I. a II díl. Archiv ČGS. Brno.
- Trundová, A. (2004): Petrologická charakteristika těšinit z vybraných lokalit Moravsko-slezských Beskyd. – MS, diplomová práce, PŘF MU, Brno.